



COMUNE DI LECCO

MAPPATURA ACUSTICA  
DELLE STRADE COMUNALI  
CON PIU' DI 3.000.000 VEICOLI/ANNO

RELAZIONE

GIUGNO 2017

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	2 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



## SOMMARIO

<b>INTRODUZIONE GENERALE .....</b>	<b>3</b>
<b>QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>DESCRIZIONE DELL'INFRASTRUTTURA STRADALE .....</b>	<b>4</b>
<b>CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE E DEI RELATIVI RECETTORI 7</b>	
CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI .....	8
PREPARAZIONE BASE DATI TERRITORIALI.....	9
<i>Edifici</i> .....	9
<i>Quote del terreno</i> .....	10
<b>PROGRAMMI DI CONTENIMENTO DEL RUMORE .....</b>	<b>10</b>
<b>METODI DI CALCOLO E MODELLI APPLICATI.....</b>	<b>10</b>
SOFTWARE IMPLEMENTAZIONE MODELLO.....	11
<i>Parametri di calcolo</i> .....	12
<i>Modellizzazione elementi territoriali</i> .....	13
COSTRUZIONE MAPPATURA ACUSTICA E MAPPE DI RUMORE.....	13
<b>STIMA DEI RESIDENTI E DEGLI EDIFICI ESPOSTI .....</b>	<b>14</b>
STIMA DEGLI EDIFICI ESPOSTI.....	14
STIMA DELLA POPOLAZIONE ESPOSTA .....	14
<b>SINTESI DEI RISULTATI .....</b>	<b>17</b>
RISULTATI MAPPATURA ACUSTICA.....	17
<i>Mappe</i> .....	17
<i>Edifici e popolazione esposta</i> .....	18
<b>MATERIALE TRASMESSO.....</b>	<b>21</b>
<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....</b>	<b>22</b>
<b>ALLEGATI ALLA RELAZIONE .....</b>	<b>22</b>

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	3 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



## INTRODUZIONE GENERALE

La presente relazione si riferisce alla realizzazione della mappatura acustica relativa agli assi stradali principali per i quali il Comune di Lecco risulta ente gestore.

## QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Il Decreto Legislativo n. 194 del 19/08/2005: *“Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione ed alla gestione del rumore ambientale”* ha recepito nell'ordinamento italiano la Direttiva 2002/49/CE: *“Determinazione e gestione del rumore ambientale”*.

La direttiva nasce dalla necessità di mettere a punto misure ed iniziative specifiche per il contenimento dell'inquinamento acustico, a fronte di un contesto europeo che lamenta l'assenza di dati affidabili e comparabili relativi alle diverse sorgenti di rumore. L'obiettivo della direttiva è quindi quello di far sì che i livelli di inquinamento acustico siano rilevati, ordinati e presentati da tutti gli stati secondo criteri confrontabili. Ciò presuppone l'uso di descrittori e metodi di determinazione armonizzati. I descrittori acustici selezionati dalla Direttiva sono  $L_{den}$  per determinare il fastidio sulle 24 ore e  $L_{night}$  per determinare i disturbi del sonno nel periodo notturno (dalle ore 22:00 alle ore 06:00).

I principali strumenti introdotti dalla Direttiva per raggiungere i propri obiettivi sono:

- la determinazione dell'esposizione al rumore ambientale mediante la mappatura acustica delle principali sorgenti di rumore presenti sul territorio, da realizzarsi sulla base di metodi di determinazione comuni agli Stati membri;
- l'informazione e la partecipazione del pubblico in merito al rumore ambientale ed ai relativi effetti per garantire un processo democratico e condiviso di lotta al rumore;
- l'attuazione di piani d'azione per evitare e/o ridurre il rumore ambientale nonché per evitare aumenti di rumore nelle zone silenziose.

Il primo passo che deve essere intrapreso è quindi quello della predisposizione della mappatura acustica. Quest'ultima è definita come: *“la rappresentazione di dati relativi ad una situazione di rumore esistente o prevista in una zona, relativa ad una determinata sorgente, in funzione di un*

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	4 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



*descrittore acustico che indichi il superamento di pertinenti valori limite vigenti, il numero di persone esposte o il numero di abitazioni esposte a determinati valori di rumore”.*

Nel caso delle infrastrutture stradali, la mappatura acustica deve interessare gli “assi stradali principali”, cioè quelle strade dove transitano ogni anno più di 3.000.000 di veicoli.

In base al Decreto Legislativo n. 194/2005 spetta ai gestori eseguire la mappatura acustica del rumore prodotto dalle proprie infrastrutture.

Oltre all’obbligo di trasmissione dei risultati alla Regione, Il Comune di Lecco deve comunicare alla popolazione gli esiti della mappatura.

La partecipazione attiva e consapevole del pubblico nella fase progettuale di redazione dei piani d’azione è uno dei pilastri della politica comunitaria di lotta al rumore.

I contenuti e le procedure per l’esecuzione della mappatura acustica sono descritti negli Allegati 4 e 6 del D.Lgs. 194/2005. Il decreto prevedeva l’emanazione di linee guida più dettagliate da parte del Ministero dell’Ambiente e del Territorio. Queste indicazioni sono state pubblicate nel marzo del 2017.

La predisposizione della mappatura acustica delle strade del Comune di Lecco è stata realizzata in piena coerenza con le indicazioni degli Allegati 4 e 6 del D.Lgs. 194/2005 e con le linee guida regionali ed europee.

## **DESCRIZIONE DELL’INFRASTRUTTURA STRADALE**

Il Comune di Lecco gestisce circa 10 km di strade che, secondo le definizioni del D.Lgs. n. 194/2005. possono essere identificate come “assi stradali principali” con più di 3.000.000 di veicoli/anno, strade cioè per le quali debba essere realizzata a cura del gestore la mappatura acustica.

Gli “assi principali” del Comune di Lecco, sulla base dei dati di traffico censiti, sono riportati nella Tabella 1, in tabella 2 sono riportati i dati relativi al traffico e dimensionali.

<b>Comune di Lecco</b>				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	5 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



identificativo	Asse stradale principale	Lunghezza <b>m</b>	Tratto	
	Denominazione		<b>da</b>	<b>a</b>
IT_a_rd0174001	ex sp 639 c.so Bergamo	489	Inizio del territorio comunale	Incrocio con v.le Brodolini
IT_a_rd0174002	c.so Bergamo – c.so Emanuele Filiberto	2398	Incrocio con v.le Brodolini	Incrocio conc.so Carlo Alberto
IT_a_rd0174003	c.so Carlo Alberto – via della Pergola – via Fiandra – via XI febbraio	2179	Incrocio con c.so Emanuele Filiberto	Incrocio con via Balicco
IT_a_rd0174004	v.le Brodolini	2411	Incrocio con c.so Bergamo	Incrocio con ss 36
IT_a_rd0174005	Via L. Da Vinci – v.le della Costituzione - lungolago	2631	Ponte Kennedy	Fine del centro abitato
IT_a_rd0174006	c.so Monte Santo – c.so San Michele del Carso – c.so Monte San Gabriele - c.so Monte Ortigara	3668	Incrocio con via Agliati	Fine territorio comunale

**Tabella 1** - Strade gestite dal Comune di Lecco su cui transitano più di 3 000 000 veicoli/anno.

<b>Comune di Lecco</b>				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	6 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



identificativo	Denominazione	Larghezza (m)	Traffico giornaliero medio	Traffico annuale
IT_a_rd0174001	ex sp 639 c.so Bergamo	8	22.136	8.079.640
IT_a_rd0174002	c.so Bergamo – c.so Emanuele Filiberto	8	12.175	4.443.802
IT_a_rd0174003	c.so Carlo Alberto – via della Pergola – via Fiandra – via XI febbraio	8	12.175	4.443.802
IT_a_rd0174004	vle Brodolini	8	9.961	3.635.838
IT_a_rd0174005	via L. Da Vinci – vle della Costituzione - lungolago	8	24.884	9.082.964
IT_a_rd0174005	c.so Monte Santo – c.so San Michele del Carso – c.so Monte San Gabriele - c.so Monte Ortigara	6	13.297	4.853.405

**Tabella 2** - Traffico giornaliero ed annuale medio

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	7 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



## CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE E DEI RELATIVI RECETTORI

Il percorso intrapreso per la costruzione della mappatura acustica può essere schematizzato con i principali passi seguenti:

- Caratterizzazione delle sorgenti. Attribuzione dei valori di traffico orari forniti dai censimenti puntuali ad ogni tratto stradale, attribuzione delle velocità di percorrenza, caratterizzazione del percorso stradale.
- Basi dati Territoriali. Costruzione delle basi dati informative territoriali per l'individuazione dei recettori sensibili e l'edificato di dettaglio.
- Applicazione Modello. Elaborazione dei risultati ai fini della produzione della cartografia di mappatura acustica.
- Stima edifici e popolazione esposta. Classificazione degli edifici sulla base del criterio della facciata più esposta, attribuzione del numero di residenti e calcolo popolazione esposta.

Tutto il lavoro è stato gestito all'interno di un Sistema Informativo Territoriale (S.I.T.) e del software specifico CadnA realizzato da DataKustik e radatto in conformità ai seguenti documenti:

- Specifiche tecniche per la predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D. Lgs. 194/05) Reporting Mechanism Strati informativi georeferenziati Direzione Generale per i Rifiuti e l'Inquinamento Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 14 - 16 marzo 2017
- Predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/05) Specifiche tecniche Autore: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Data: 10 marzo 2017

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	8 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



## Caratterizzazione delle sorgenti

Il tracciato degli assi stradali oggetto del presente studio è in formato shapefile lineare, sovrapponibile alla cartografia tecnica della Regione Lombardia. In Allegato 1 è mostrata una mappa dell'intera rete comunale con più di 3.000.000 di veicoli/anno.

Il tematismo di partenza è stato elaborato al fine di ottenere uno shapefile nel formato e con le informazioni richieste dal software che implementa il modello di diffusione del rumore. Le principali elaborazioni eseguite sono state le seguenti:

- verifica della continuità topologica degli archi relativi ad ogni singola strada ed eliminazione delle eventuali interruzioni dovute ad errori di digitalizzazione;
- classificazione degli archi stradali in base a tipologia delle strade, definita secondo il Codice della Strada e secondo la classificazione funzionale regionale;
- eliminazione dei nodi di interruzione associati a discontinuità non significative da un punto di vista dell'emissione di rumore: passaggi a livello, ponti, manufatti;
- suddivisione degli archi stradali unicamente in relazione a variazioni che hanno effetto sulla produzione di rumore: variazione dei limiti di velocità, intersezioni che comportano una variazioni del traffico, attraversamento centri urbani;
- attribuzione agli archi di ogni strada dei valori orari di flusso suddivisi tra veicoli pesanti e veicoli leggeri. L'attribuzione è avvenuta a partire dai dati di censimento esistenti.

I dati sui flussi di traffico disponibili sono costituiti dalle campagna di rilevazione da parte della Provincia di Lecco:

- (novembre 2006 – marzo 2007) su sp 639 in località Vercurago
- (novembre 2006 – marzo 2007) su sp 62 in località Ballabio
- (settembre 2015) ponte Kennedy

Per quanto riguarda la direttrice Valsassina (IT\_a\_rd0174006) si è fatto inoltre riferimento ad uno studio realizzato per il Comune di Lecco.

Questi dati sono stati incrociati per ricavare il traffico giornaliero medio (TGM) relativo ai tratti di ogni strada mappata.

Le tipologie di veicoli censite sono state raggruppate nelle due classi principali: veicoli leggeri e pesanti, secondo gli input richiesti dal modello di calcolo utilizzato.

<b>Comune di Lecco</b>				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	9 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



All'interno del modello sono stati inseriti, per ogni infrastruttura, i dati di traffico orario giornaliero per fasce orarie (giorno – sera – notte), suddiviso in veicoli leggeri e pesanti e con le relative velocità medie.

Per la direttrice Valsassina è risultato disponibile unicamente il valore di traffico medio giornaliero.

### **Preparazione Base dati territoriali**

Al fine di una modellizzazione più dettagliata possibile della propagazione del rumore proveniente dalle infrastrutture si è deciso di realizzare un modello del territorio circostante che tenesse in conto di ogni singolo edificio presente, di eventuali ostacoli o barriere e delle quote del terreno.

L'area da “mappare” è stata individuata in una fascia di larga 500 metri per entrambi i lati di ogni infrastruttura. Tenuto conto delle caratteristiche di traffico delle strade indagate e dei risultati dei rilievi strumentali eseguiti, l'ampiezza di 500 metri è stata ritenuta sufficiente a rappresentare la porzione di territorio interessato dal rumore stradale.

### **Edifici**

Nella fascia individuata sono stati inseriti nel modello tutti gli edifici presenti. I poligoni sono stati caratterizzati attraverso i seguenti attributi:

- identificativo univoco dell'edificio,
- tipologia destinazione d'uso (residenziale, industriale ecc.),
- altezza dell'edificio,
- eventuale tipologia recettore sensibile.

Gli edifici sono stati ricavati dall'analisi della cartografia numerica derivante dai rilievi aerofotogrammetrici. La cartografia numerica è stata georeferenziata correttamente e, in seguito, i dati in esse contenuti sono stati interpretati, a partire dalle diverse decodifiche utilizzate. Poi sono stati selezionati i layer d'interesse, che riguardano le diverse tipologie di edifici e che si trovano all'interno dell'area considerata ai fini della mappatura acustica.

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	10 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



### **Quote del terreno**

Le quote del terreno sono state ricavate dal Modello Digitale del Terreno del territorio lombardo, con passo di 20m (DTM20).

Il modello risulta costituito da una griglia numerica che indica l'andamento delle quote in tutti i punti della superficie terrestre. La struttura spaziale è del tipo a griglia con passo di campionamento pari a 20 metri. Ad ogni cella è stato associato il valore della quota espressa in metri, con due cifre decimali significative.

La precisione delle quote del DTM è funzione dell'accuratezza del dato originario (base topografica), del processo di digitalizzazione e dell'ampiezza della cella della griglia di interpolazione.

Secondo le specifiche il DTM20, costruito a partire da una base topografica alla scala 1:10.000 e con una struttura a griglia con passo di campionamento di 20 metri, viene classificato come un DTM di "livello1", almeno per le aree con gradiente altimetrico medio-basso.

## **PROGRAMMI DI CONTENIMENTO DEL RUMORE**

Per quanto riguarda le infrastrutture principali oggetto della presente mappatura non sono stati realizzati o adottati specifici programmi di contenimento del rumore ma nel corso degli anni sono stati adottati dei provvedimenti di razionalizzazione del traffico urbano che in via indiretta possono aver contribuito ad un miglioramento del clima acustico.

Il tema sarà affrontato in modo più organico nell'ambito del Piano d'Azione che verrà predisposto nel prossimo futuro.

## **METODI DI CALCOLO E MODELLI APPLICATI**

In letteratura esistono numerosi modelli d'emissione e diffusione del rumore stradale, da quelli adottati ufficialmente dalle amministrazioni statali di diverse nazioni, a quelli proposti da centri di ricerca o da aziende private. La maggior parte di questi modelli sono implementati all'interno d'applicativi software commerciali o pubblici, che ne rendono agevole l'utilizzo, la presentazione dei risultati e l'esportazione dei dati.

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	11 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



In attesa della definizione di un modello unificato europeo per la stima del rumore prodotto dal traffico stradale, la direttiva 2002/49/CE sul rumore ambientale ha adottato il modello ufficiale francese «NMPB-Routes-96 (SETRACERTU-LCPC-CSTB)», citato nell'«Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 mai 1995, article 6» e nella norma francese «XPS 31-133». I dati d'ingresso concernenti l'emissione sono definiti nel documento «Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prevision des niveaux sonores, CETUR 1980».

Secondo la direttiva, il modello NMPB-Routes-96 è il modello che deve essere utilizzato dagli Stati che, come l'Italia, non hanno un proprio modello nazionale.

L'applicazione effettiva del modello è avvenuta utilizzando un programma commerciale appositamente predisposto per la simulazione acustica. Il programma utilizzato è stato CadnA Versione 4.5. Nei moduli di calcolo di sono presenti e implementati diversi standard nazionali per il calcolo delle sorgenti di rumore, compreso il modulo «NMPB-Routes-96 (SETRACERTU-LCPC-CSTB)».

CadnA è un prodotto per il calcolo e la previsione della propagazione nell'ambiente del rumore derivato da: traffico veicolare, traffico ferroviario, traffico aeroportuale, insediamenti industriali, da sorgenti puntuali, areali e lineari. Può inoltre essere utilizzato per il calcolo di barriere acustiche e per gli effetti prodotti dal loro inserimento.

La modellizzazione acustica del software è in grado di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per singoli punti, fornendo i livelli globali e la loro scomposizione direzionale. Il programma non ha limiti nel numero di oggetti e sorgenti inseribili, né limiti sulla dimensione dell'area trattabile.

### Software implementazione modello

I descrittori acustici che devono essere utilizzati per la mappatura acustica secondo il D.Lgs. n. 194 del 19/08/2005 sono due: livello giorno-sera-notte ( $L_{den}$ ) e il livello notte ( $L_{night}$ ), espressi in dBA. La Direttiva prevede che il livello giorno-sera-notte si ottenga dalla combinazione del livello giorno ( $L_{day}$ ), livello sera ( $L_{evening}$ ) e livello notte secondo la seguente formula, che combina i 3 livelli calcolati nel corso delle 24 ore, penalizzando i livelli sera e notte rispettivamente di 5 e 10 dBA.

$$L_{den} = 10 * \log_{10} \frac{1}{24} \left( n_d * 10^{L_{day}/10} + n_e * 10^{L_{evening}+5/10} + n_n * 10^{L_{night}+10/10} \right)$$

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	12 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



dove, secondo la ripartizione delle 24 ore giornaliere adottata dall'Italia, valgono le seguenti definizioni:

- $L_{day}$  : è livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi diurni di un anno;
- $L_{evening}$  : è livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi serali di un anno,
- $L_{night}$  : è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi notturni di un anno;
- $n_d$ : è il numero di ore del periodo diurno (14 ore, dalle 06:00 alle 20:00);
- $n_e$ : è il numero di ore del periodo serale (2 ore, dalle 20:00 alle 22:00);
- $n_n$ : è il numero di ore del periodo notturno (8 ore, dalle 22:00 alle 06:00).
- 

### **Parametri di calcolo**

All'interno del modulo di implementazione del modello «NMPB-Routes-96 (SETRACERTU-LCPC-CSTB)» sono stati impostati i seguenti parametri di calcolo.

- La griglia di calcolo. La griglia è costituita da un reticolo con passo 10 metri. L'accuratezza del calcolo della mappa è buona, dal momento che all'interno di ogni maglia della griglia di calcolo, il software utilizza una sotto-griglia costituita da 81 (9x9) ricettori interni. Il calcolo è fatto per ogni elemento della sotto-griglia e poi per interpolazione è determinato il valore attribuito al centroide dalla griglia di calcolo. Mediante i parametri "min/max" e "differenza", rispettivamente pari a 10 e 0.15 dBA, si ottiene una migliore precisione, stabilendo che tra gli angoli di ciascuna cella non ci sono più di 10 dBA di differenza, e che la differenza tra valore interpolato e calcolato sia minore di 0.15 dBA.
- Parametri meteorologici. I parametri meteorologici da considerare in input sono l'umidità relativa, la temperatura e la pressione atmosferica. In mancanza di dati meteorologici ufficiali annui, sono stati inseriti i seguenti valori standard:

Umidità relativa	70 %
Temperatura atmosferica	15 °C
Pressione atmosferica	1013.25 hPa
Velocità e direzione vento	Nessuna

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	13 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



- **Altezza dal suolo.** La mappa del rumore è calcolata ad un'altezza di 4 metri dal suolo. I punti del DEM sono stati importati in CadnA che, a sua volta, si è ricreato un proprio modello digitale del terreno, mediante interpolazione dei punti noti. Tutti gli elementi che costituiscono l'ambiente nell'area d'interesse sono stati posizionati solidalmente al modello digitale del terreno.

### **Modellizzazione elementi territoriali**

Attorno all'asse stradale sono stati considerati i seguenti elementi territoriali, che sono stati opportunamente modellizzati, tenendo conto delle loro caratteristiche geometriche, morfologiche ed acustiche. Gli elementi presi in considerazione dal modello sono i seguenti.

- **Strade.** Per ogni strada sono stati inseriti i principali parametri morfologici e strutturali come il numero di corsie, la larghezza d'ogni corsia e la tipologia di asfalto utilizzata. Per quanto riguarda i flussi di traffico e le velocità si è fatto riferimento ai dati contenuti nel precedente paragrafo Caratterizzazione delle sorgenti.
- **Edifici.** Gli edifici presenti all'interno dell'area d'interesse sono stati georeferenziati e inseriti all'interno di un apposito shapefile unitamente al dato relativo alle altezze (disponibile in formato shp dai dati relativi al PGT). Gli edifici sono stati considerati edifici "standard", cioè senza fonte di emissione. Gli edifici sono stati quindi disposti sul modello digitale del terreno elaborato sulla base dei punti quotati disponibili.

### **Costruzione mappatura acustica e mappe di rumore**

Il software fornisce i risultati della simulazione sotto forma di curve di isolivello e come superficie compresa tra due isolivelli contigui per i valori dei descrittori  $L_{day}$ ,  $L_{evenig}$  e  $L_{night}$ , più il valore  $L_{den}$  ottenuto da questi applicando la formula vista al paragrafo 2.1. Le curve griglia prodotte sono georeferenziate e possono essere esportate in formato shapefile, leggibile quindi immediatamente da ArcView o da un qualsiasi altro GIS.

L'intervallo tra le curve di livello è stato posto uguale a 5 dBA.

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	14 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



## STIMA DEI RESIDENTI E DEGLI EDIFICI ESPOSTI

### Stima degli edifici esposti

La stima dell'esposizione degli edifici è stata ottenuta associando ad ogni edificio il valore massimo dell'indicatore registrato in facciata. Si tratta di una sovrastima, dal momento che si attribuisce ad un edificio il massimo valore registrato dal modello e dal momento che tutti gli edifici sono stati considerati totalmente riflettenti.

L'errore che si commette è minimo per le unità abitative mono o bifamiliari e cresce con l'aumentare delle dimensioni degli edifici e, di conseguenza, del numero delle unità abitative.

### Stima della popolazione esposta

La mappatura acustica richiede la valutazione della numerosità della popolazione residente nelle abitazioni esposte.

Per realizzare questo conteggio in modo esatto bisognerebbe conoscere non solo i residenti di ogni edificio, ma anche la disposizione delle singole unità abitative all'interno dell'edificio e come sono distribuiti i residenti al loro interno. Partendo da queste informazioni, sarebbe possibile differenziare il livello dell'esposizione a cui sono soggetti gli abitanti degli appartamenti collocati dietro la facciata più esposta da quello degli abitanti degli appartamenti più interni. Questi ultimi, infatti, beneficiano dell'effetto autoschermante dell'edificio stesso. La caratterizzazione acustica delle varie unità abitative e il corrispondente numero di abitanti, permetterebbe il calcolo esatto della popolazione esposta alle differenti classi di  $L_{den}$  e  $L_n$ .

Un livello d'informazione così dettagliato è estremamente difficile da ottenere, sia per l'elevato numero d'edifici da indagare, sia per la difficoltà che si incontrano a reperire tali informazioni.

Nell'impossibilità di disporre del numero esatto dei residenti e della disposizione degli appartamenti di ogni singolo edificio, la numerosità della popolazione esposta può essere solo stimata. In Italia non sono state definite procedure standardizzate per la stima della popolazione.

Tra i differenti approcci possibili si è deciso d'adottare un metodo che, sebbene non risulti tra i più precisi, ha il pregio di essere applicabile in modo uniforme a tutti i comuni della Regione e di

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	15 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



basarsi su informazioni omogenee, aggiornate e facilmente reperibili. Il metodo scelto calcola la distribuzione spaziale della popolazione a scala comunale, distribuendo i residenti sul territorio sulla base della cartografia dell'uso del suolo.

Il numero di residenti di un comune è un dato facilmente reperibile e frequentemente aggiornato, il rilievo è eseguito in modo sincrono da tutti i comuni al 31 dicembre di ogni anno.

La cartografia dell'uso del suolo è resa disponibile dalla regione con la copertura DUSAF. Questa carta è aggiornata al 2015 e rappresenta uniformemente tutto il territorio lombardo suddiviso in poligoni, a ciascuno dei quali è attribuita una determinata classe (es. seminativo, prati, boschi, aree idriche, aree urbanizzate). Le classi, a loro volta, sono suddivise in sottoclassi, che specificano ulteriormente le tipologie d'uso del suolo. In particolare la classe "aree urbanizzate" comprende le sottocategorie dell'urbano residenziale definite come in Tabella 3.

Come ipotesi di partenza si assume che la popolazione si distribuisca esclusivamente nelle aree il cui suolo è stato classificato come Urbanizzato Residenziale dal DUSAF. Si assume, inoltre che, su tali zone, la popolazione non si distribuisca uniformemente, ma in modo pesato a seconda del tipo di tessuto residenziale (più o meno denso) presente.

I pesi utilizzati nel presente studio sono frutto di tarature effettuate da ARPA presso comuni campione per i quali erano noti i dati di distribuzione della popolazioni a scala di singolo edificio (georeferenziazione degli indirizzi e delle anagrafi comunali).

Label	Tipologia	Peso
1111	Tessuto residenziale denso: aree urbane occupate da grandi edifici residenziali (edifici a blocco, grattacieli, comprese le superfici di pertinenza anche estese; nonché centri urbani, dove più edifici formano unità edilizie complesse)	0.425
1112	Tessuto residenziale mediamente denso : aree urbane occupate da edifici residenziali occupate da piccole unità edilizie comprese le rispettive aree di pertinenza.	0.267
1121	Tessuto residenziale discontinuo: gli edifici, la viabilità e le superfici ricoperte artificialmente coprono dal 0% all'80% della superficie totale.	0.191

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	16 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



Label	Tipologia	Peso
1122	Tessuto residenziale rado e nucleiforme: superfici occupate da costruzioni residenziali distinte ma raggruppate in nuclei che formano zone insediative di tipo diffuso a carattere estensivo. Gli edifici, la viabilità e le superfici ricoperte artificialmente coprono dal 50% al 30% della superficie totale.	0.117

**Tabella 3.** Sottoclassi DUSAF per il territorio urbano residenziale e relativi pesi.

Per ogni sezione di censimento dei Comuni oggetto di studio si calcola la superficie totale di ciascuna delle  $m$  classi DUSAF residenziali presenti ( $m = 1,2,3,4$ ). Le classi sono 4 in quanto al fine del calcolo della popolazione le cascine non sono state considerate. Il risultato è moltiplicato per il peso  $p_i$  della corrispondente classe. Per il Comune è quindi stata calcolata la Superficie Pesata ( $S_p$ ), secondo la seguente espressione:

$$S_p = \sum_{i=1}^m \left( p_i \cdot \sum_{j=1}^n s_{ij} \right)$$

Dove:  $S_p$  = superficie pesata;

$s_{ij}$  = superficie del  $j$ -esimo poligono appartenente alla  $i$ -esima categoria DUSAF;

$p_i$  = peso  $i$ -esima categoria DUSAF;

$m$  = numero di categorie DUSAF presenti nel Comune.

Ad ogni  $j$ -esimo poligono DUSAF, appartenente alla  $i$ -esima categoria DUSAF, avente superficie  $s_{ij}$ , si assegna quindi un numero di abitanti  $Ab_{ij}$  dato dalla formula:

$$Ab_{ij} = \left( \frac{p_i \cdot Ab_{tot} \cdot s_{ij}}{S_p} \right)$$

dove con  $Ab_{tot}$  si indicano gli abitanti totali del comune.

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	17 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



## SINTESI DEI RISULTATI

### Risultati mappatura acustica

#### Mappe

Le mappe, derivanti dall'applicazione del modello, sono rappresentate nelle seguenti tavole in pdf e nei relativi shape files:

IT\_a\_DF4\_8\_2017\_Roads\_0174\_NoiseAreaMap\_Lden

IT\_a\_DF4\_8\_2017\_Roads\_0174\_NoiseAreaMap\_Lnight

IT\_a\_DF4\_8\_2017\_Roads\_0174\_NoiseContourMap\_Lden

IT\_a\_DF4\_8\_2017\_Roads\_0174\_NoiseContourMap\_Lnight

In tutte le tavole lo sfondo d'inquadramento è costituito dagli edifici tratti dal rilievo aerofotogrammetrico. In questo modo è immediato distinguere gli edifici in cui è localizzata la popolazione residente.

Le tavole relative a  $L_{den}$  contengono le isofoniche relative al livello giorno-sera-notte,  $L_{den}$ , espressi in dBA, di 55, 60, 65, 70 e 75.

Le tavole relative a  $L_{night}$  contengono le isofoniche relative al livello notturno,  $L_n$ , espressi in dBA, di 50, 55, 60, 65 e 70.

<b>Comune di Lecco</b>				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	18 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



## **Edifici e popolazione esposta**

Il calcolo della popolazione, degli edifici esposti e della superficie impattata è stato eseguito come descritto nel capitolo metodi.

Le seguenti tabelle illustrano i risultati complessivi per le infrastrutture stradali con più di 3.000.000 di veicoli annui del Comune di Lecco.

IT_a_rd0174001 (ex sp 639 – c.so Bergamo)			
Classe $L_{den}$	Edifici	Superficie	Popolazione
	Numero edifici	km <sup>2</sup>	Numero abitanti
55-59 dBA	75	0.0598	206
60-64 dBA	20	0.0559	39
65-69 dBA	24	0.0136	60
70-74 dBA	15	0.0099	42
>75 dBA	6	0.0057	18

IT_a_rd0174002 (c.so Bergamo – c.so Emanuele Filiberto)			
Classe $L_{den}$	Edifici	Superficie	Popolazione
	Numero edifici	km <sup>2</sup>	Numero abitanti
55-59 dBA	210	0.0964	475
60-64 dBA	162	0.0641	347
65-69 dBA	118	0.0535	256
70-74 dBA	84	0.0537	190
>75 dBA	0	0.0005	0

<b>Comune di Lecco</b>				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	19 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



IT_a_rd0174003 (c.so Carlo Alberto – via della Pergola – via Fiandra – via XI febbraio)			
Classe $L_{den}$	Edifici	Superficie	Popolazione
	Numero edifici	km <sup>2</sup>	Numero abitanti
55-59 dBA	27	0.0842	98
60-64 dBA	17	0.0762	62
65-69 dBA	16	0.0566	61
70-74 dBA	6	0.0511	21
>75 dBA	2	0.0001	7

IT_a_rd0174004 (vle Brodolini)			
Classe $L_{den}$	Edifici	Superficie	Popolazione
	Numero edifici	km <sup>2</sup>	Numero abitanti
55-59 dBA	3	0.2180	9
60-64 dBA	6	0.1419	14
65-69 dBA	1	0.0781	2
70-74 dBA	0	0.0493	0
>75 dBA	0	0	0

<b>Comune di Lecco</b>				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	20 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



IT_a_rd0174005 (via L. Da Vinci – vle della Costituzione - lungolago)			
Classe $L_{den}$	Edifici	Superficie	Popolazione
	Numero edifici	km <sup>2</sup>	Numero abitanti
55-59 dBA	113	0.1901	361
60-64 dBA	78	0.1275	252
65-69 dBA	89	0.0785	266
70-74 dBA	52	0.0638	202
>75 dBA	0	0.0001	0

IT_a_rd0174006 (c.so Monte Santo – c.so San Michele del Carso – c.so Monte San Gabriele - c.so Monte Ortigara)			
Classe $L_{den}$	Edifici	Superficie	Popolazione
	Numero edifici	km <sup>2</sup>	Numero abitanti
55-59 dBA	182	0.4548	499
60-64 dBA	201	0.1791	544
65-69 dBA	152	0.0953	428
70-74 dBA	143	0.0674	412
>75 dBA	136	0.0473	397

Comune di Lecco				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	21 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



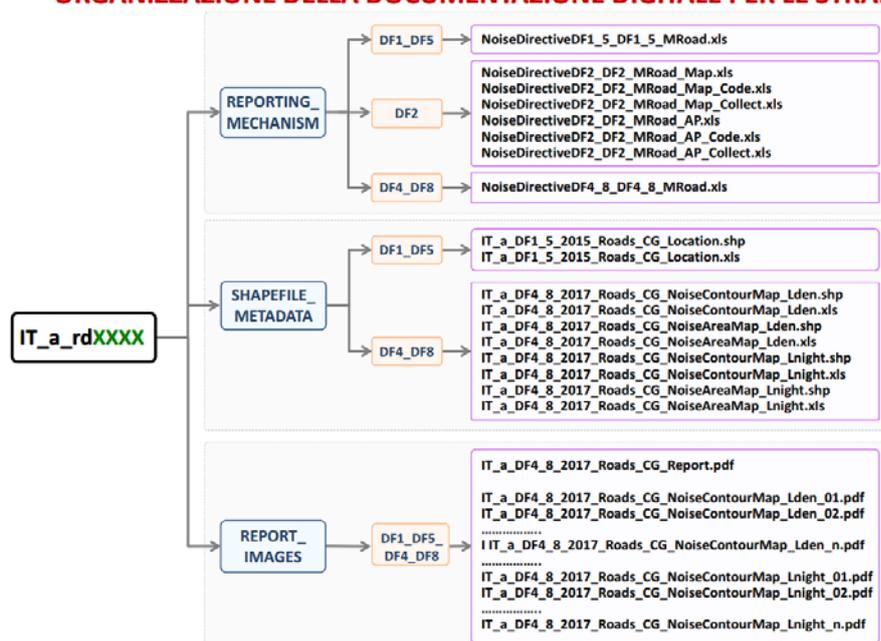
Classe $L_{night}$	Popolazione (Numero abitanti)					
	IT_a_rd0174001	IT_a_rd0174002	IT_a_rd0174003	IT_a_rd0174004	IT_a_rd0174005	IT_a_rd0174006
50-54 dBA	138	428	102	17	257	555
55-59 dBA	57	277	45	8	276	419
60-64 dBA	54	282	59	0	236	450
65-69 dBA	33	63	11	0	0	385
>70 dBA	3	0	0	0	0	80

Nelle fasce stabilite non risultano essere presenti ricettori sensibili.

## MATERIALE TRASMESSO

Il materiale trasmesso è quello indicato nelle specifiche tecniche per la predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche predisposto dal Ministero dell'Ambiente, aggiornamento 14-16 marzo 2017, organizzato in cartelle e sottocartelle come ivi specificato per le strade, ad eccezione di quelli relativi ai Piani d'Azione, non pertinenti a questa fase.

### ORGANIZZAZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE DIGITALE PER LE STRADE



<b>Comune di Lecco</b>				PARTE			
Relazione mappatura acustica				SEZIONE			
				CAPITOLO			
Revisione n.	01	Data	06/07/2017	PAGINA	22 di 22	FILE	IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_Report rev2.docx



## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Non si ritiene di specificare riferimenti bibliografici che possano rivestire particolare interesse o utilità ai fini della presente relazione.

## ALLEGATI ALLA RELAZIONE

- Allegato 1: IT\_a\_DF1\_5\_2017\_Roads\_0174\_Location.
- Allegato 2: IT\_a\_DF4\_8\_2017\_Roads\_0174\_NoiseContourMap\_Lden.
- Allegato 3: IT\_a\_DF4\_8\_2017\_Roads\_0174\_NoiseAreaMap\_Lden.
- Allegato 4: IT\_a\_DF4\_8\_2017\_Roads\_0174\_NoiseContour\_Lnight.
- Allegato 4: IT\_a\_DF4\_8\_2017\_Roads\_0174\_NoiseAreaMap\_Lnight.

dott. ing. **FILIPPO MUTTI**  
ordine degli ingegneri di Brescia  
n.° 1847





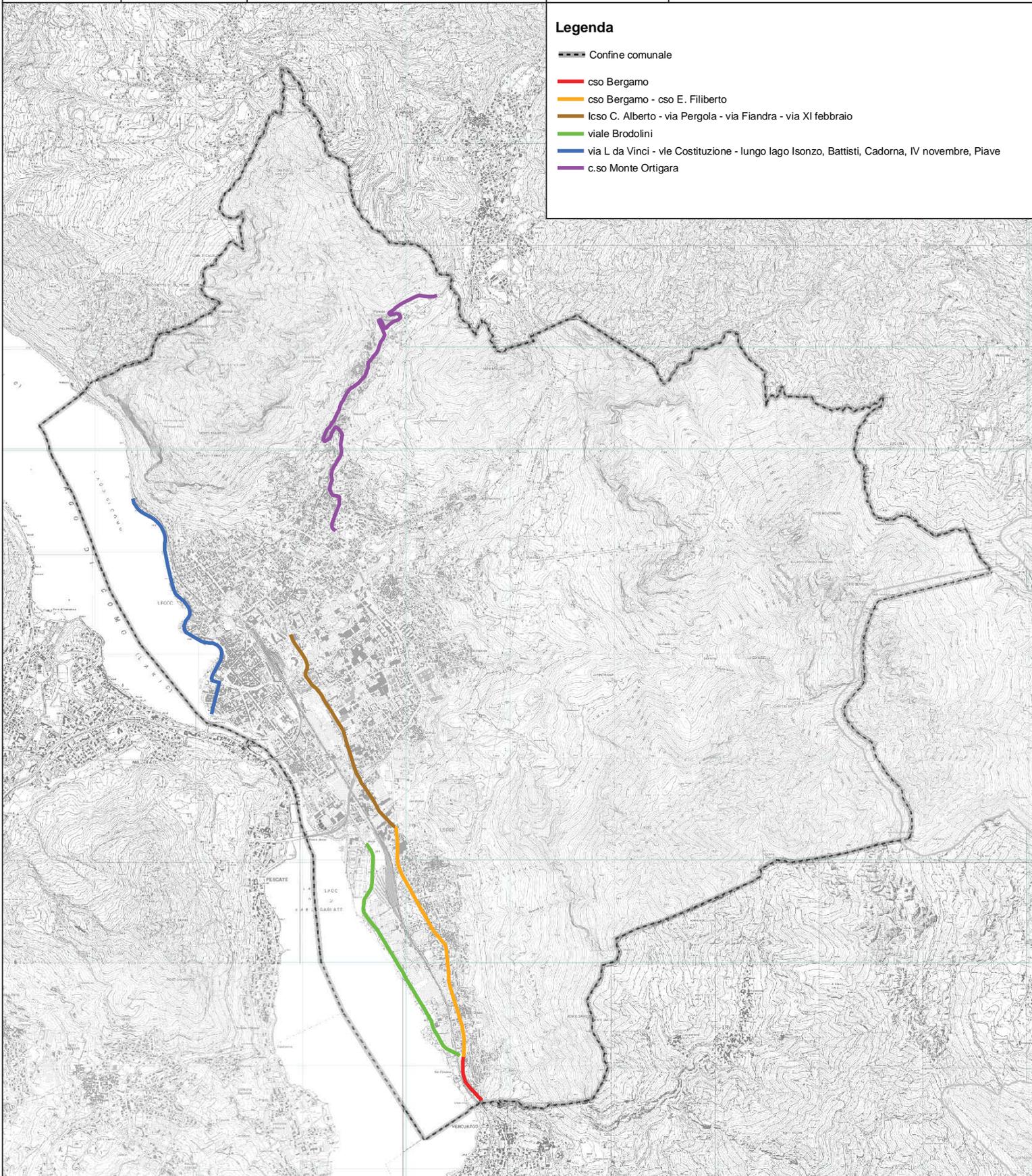
# Comune di Lecco

## MAPPATURA ACUSTICA DELLE STRADE COMUNALI CON PIU' DI 3.000.000 VEICOLI/ANNO

Tavola	Data	Base cartografica	Scala	Progettista
Allegato 2	2017	Carta Tecnica Regionale	1:35.000	 <b>DIVISIONE STUDI E PROGETTI</b> <small>via del Sebino 12 - 23129 Anavico (BS) Tel. n. fax 030 296450 mail info@reacombinate.it</small>

### Legenda

-  Confine comunale
-  c.so Bergamo
-  c.so Bergamo - c.so E. Filiberto
-  l.c.so C. Alberto - via Pergola - via Fiandra - via XI febbraio
-  viale Brodolini
-  via L da Vinci - vie Costituzione - lungo lago Isonzo, Battisti, Cadorna, IV novembre, Piave
-  c.so Monte Ortigara





# Comune di Lecco

## MAPPATURA ACUSTICA DELLE STRADE COMUNALI CON PIU' DI 3.000.000 VEICOLI/ANNO

Tavola

IT\_a\_DF4\_8\_2017\_Roads\_  
0174\_NoiseContourMap\_Lden

Data

2017

Base cartografica

Carta Tecnica  
Regionale

Scala

1:35.000

Progettista



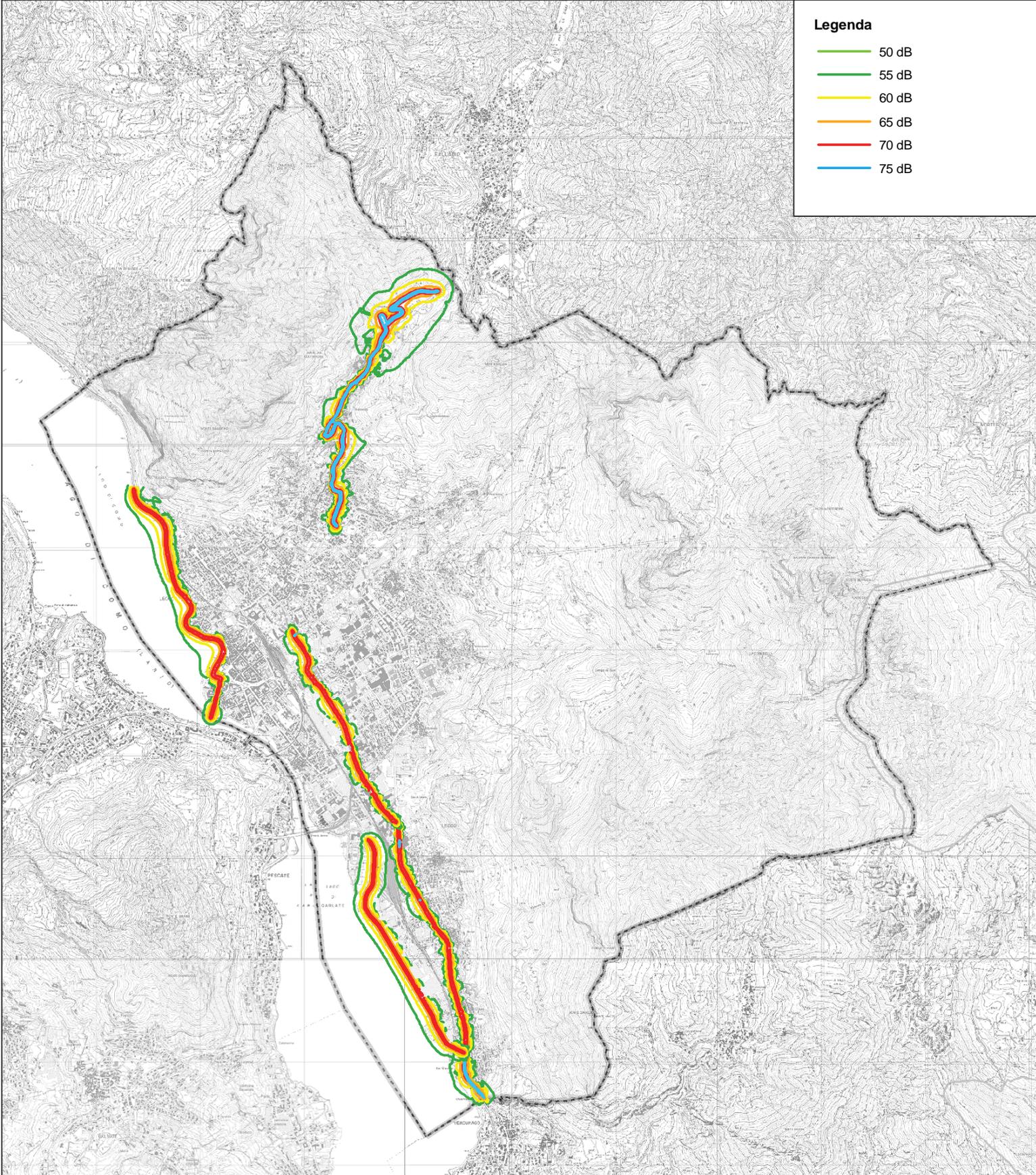
DIVISIONE STUDI E PROGETTI



Via del Sottano 12 - 23128 Brescia (BS)  
Tel. e fax 030 294650  
mail: info@comunelecco.it

### Legenda

-  50 dB
-  55 dB
-  60 dB
-  65 dB
-  70 dB
-  75 dB

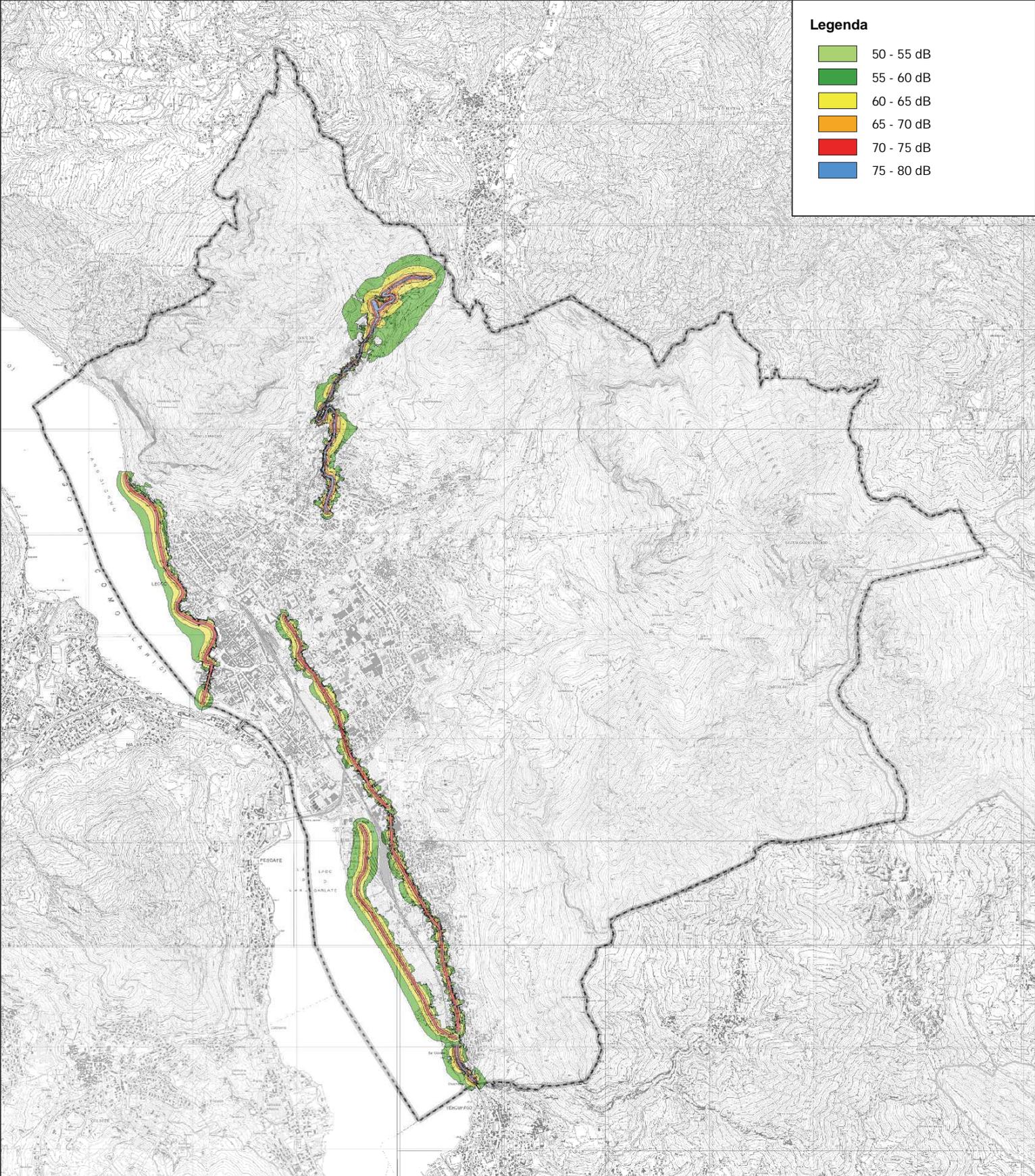




# Comune di Lecco

## MAPPATURA ACUSTICA DELLE STRADE COMUNALI CON PIU' DI 3.000.000 VEICOLI/ANNO

Tavola	Data	Base cartografica	Scala	Progettista
IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_NoiseAreaMap_Lden	2017	Carta Tecnica Regionale	1:35.000	 <b>DIVISIONE STUDI E PROGETTI</b> <small>Via del Sebino 12 - 23128 Arrezzo (BS) Tel. e fax 030 294638 mail info@reaprogetti.it</small>





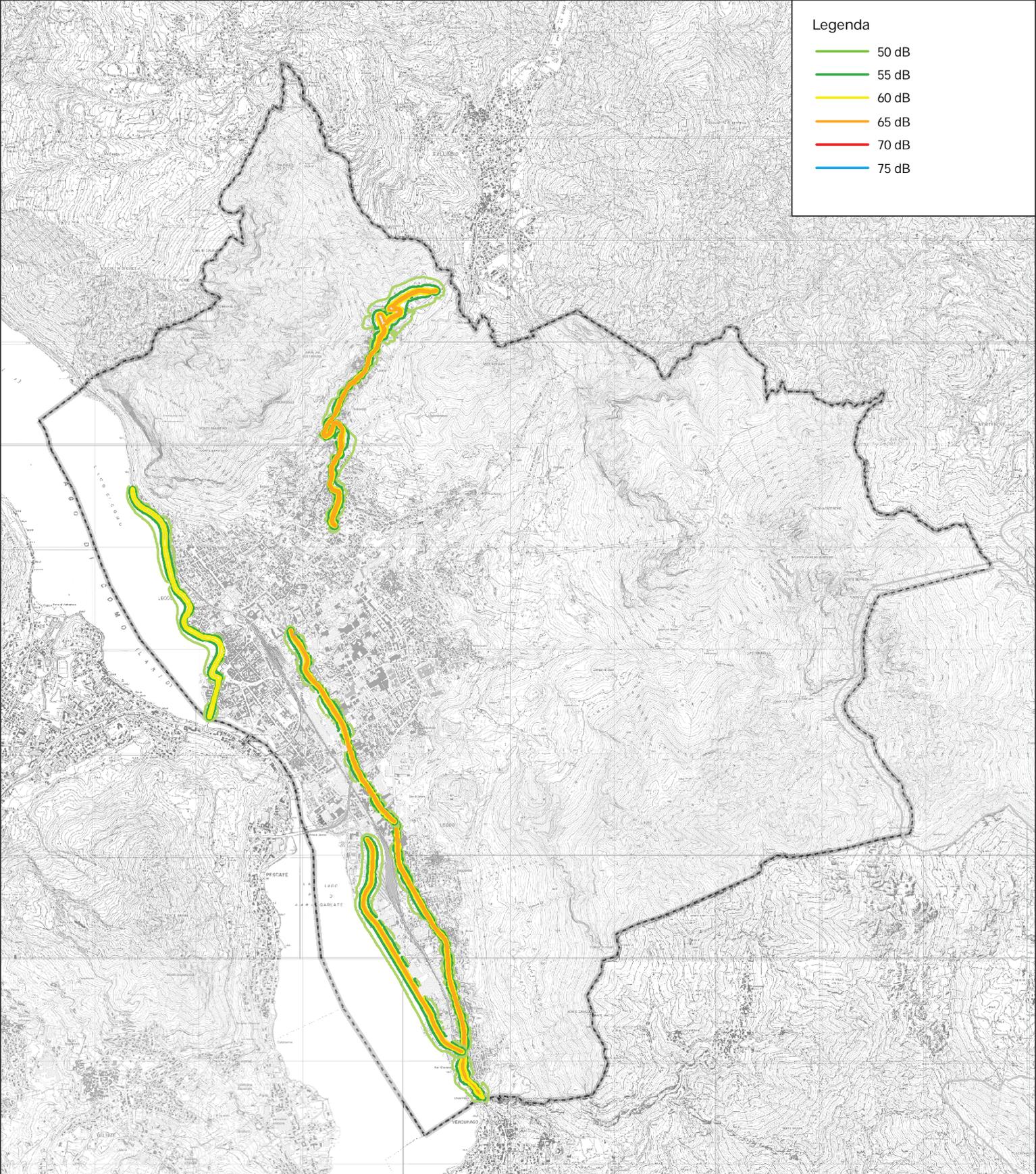
# Comune di Lecco

## MAPPATURA ACUSTICA DELLE STRADE COMUNALI CON PIU' DI 3.000.000 VEICOLI/ANNO

Tavola	Data	Base cartografica	Scala	Progettista
IT_a_DF4_8_2017_Roads_0174_NoiseContourMap_Lnight	2017	Carta Tecnica Regionale	1:35.000	 <b>DIVISIONE STUDI E PROGETTI</b> <small>Via del Sebino 12 - 23128 Brescia (BS) Tel. e fax 030 294650 mail info@reaprogetti.it</small>

### Legenda

-  50 dB
-  55 dB
-  60 dB
-  65 dB
-  70 dB
-  75 dB





# Comune di Lecco

## MAPPATURA ACUSTICA DELLE STRADE COMUNALI CON PIU' DI 3.000.000 VEICOLI/ANNO

Tavola

IT\_a\_DF4\_8\_2017\_Roads\_0174\_NoiseAreaMap\_Lnight

Data

2017

Base cartografica

Carta Tecnica Regionale

Scala

1:35.000

Progettista



DIVISIONE STUDI E PROGETTI



Via del Sottano 12 - 23128 Arrezzo (BS)  
Tel. e fax 030 294650  
mail info@comunelecco.it

Legenda

-  50 - 55 dB
-  55 - 60 dB
-  60 - 65 dB
-  65 - 70 dB
-  70 - 75 dB
-  75 - 80 dB

